



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

KAMILLY MARIA FERNANDES FONSECA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CEVADA CERVEJEIRA NA REGIÃO DO
CAMPO DAS VERTENTES**

LAVRAS – MG

2023

KAMILLY MARIA FERNANDES FONSECA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CEVADA CERVEJEIRA NA REGIÃO DO
CAMPO DAS VERTENTES**

Monografia apresentada à Universidade
Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Agronomia, para a
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira

ORIENTADOR

Josias Reis Flausino Gaudencio

COORIENTADOR

LAVRAS / MG

2023

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Fonseca, Kamilly Maria Fernandes.

DESEMPENHOAGRONÔMICO DE CEVADA
CERVEJEIRA NA REGIÃO DO CAMPO DAS VERTENTES /
Kamilly Maria Fernandes Fonseca. - 2023.

37 p.

Orientador(a): Silvino Guimarães Moreira.

Coorientador(a): Josias Reis Flausino Gaudencio, Filipe
Almendagna Rodrigues.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2023.
Bibliografia.

1. Hordeum vulgares spp. 2. Cultura de inverno. 3. Produção de
cerveja. I. Moreira, Silvino Guimarães. II. Flausino Gaudencio,
Josias Reis. III. Rodrigues, Filipe Almendagna. IV. Título.

KAMILLY MARIA FERNANDES FONSECA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CEVADA CERVEJEIRA NA REGIÃO DO
CAMPO DAS VERTENTES**

Monografia apresentada à Universidade
Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Agronomia, para a
obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em

Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira-UFLA

Eng. Agrônomo Josias Reis Flausino Gaudencio-UFLA

Dr. Filipe Almendagna Rodrigues-UFLA

Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira
ORIENTADOR

Josias Reis Flausino Gaudencio
COORIENTADOR

LAVRAS / MG

2023

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção, fonte de força, pela oportunidade, saúde e sabedoria que me foi concedida em todos os momentos, permitindo com que esta conquista fosse possível.

A meus pais Dalva e Antônio e meus irmãos Gilliard, Flávio e Matheus que me apoiaram em todas as etapas e por nunca medirem esforços em buscar o melhor para mim, sempre apoiaram e torceram por meu sucesso.

Ao Rogério, por ser meu refúgio e fonte de energia nesta jornada. Seu apoio foi crucial, essa conquista é nossa.

Aos amigos feitos nesses anos de graduação que tornaram a caminhada mais leve, em especial a Brenda Miriam, Maria Luiza Paiva., Pedro Ernesto, Elias Costa, Priscila Rabelo, Marco Túlio Piva e Sabrina Brandão.

Ao Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira, pelos anos de convívio, amizade, preocupação, paciência, ensinamentos e pela oportunidade de trabalhar com um profissional tão incrível como ele, que inspira diversos alunos e contribui muito para o curso de Agronomia.

Ao Coorientador Josias Gaudencio, que foi um exemplo e suporte durante minha jornada dentro do GMAP, por acreditar no meu trabalho desde o início da graduação e por todo apoio e amizade.

Ao agrônomo Breno Araújo, tutor de meu estágio, contribuiu com todo conhecimento, fornecendo total apoio, por sua amizade e apoio na minha formação.

Ao Laboratório de Cultura de Tecidos, em especial ao Professor Moacir Pasqual, Professora Joyce Dória e Pesquisador Filipe Almendagna Rodrigues pelo incentivo e apoio na iniciação científica.

À AMBEV, em nome da pesquisadora Adriana Favaretto, que deu todo o suporte para que fosse executado.

Ao CNPq, pelo apoio e suporte nestes anos de iniciação científica.

À Universidade Federal de Lavras, pelo apoio e estrutura.

Aos funcionários do Departamento de Agricultura – DAG e do Setor de Grandes Culturas, Felipe, Ezequiel, Arnald, pelo auxílio e suporte de infraestrutura.

Aos colegas e amigos do Grupo G-MAP, em especial, ao Josias Gaudencio, Priscila Rabelo, Elias Costa, Viviane Pinheiro, pelo apoio, durante a pesquisa e a toda a equipe GMAP, pelos ensinamentos e pela oportunidade de trabalhar com pessoas tão dedicadas.

A todos que de alguma maneira contribuíram para que esse momento chegasse.

RESUMO

A cevada desempenha um papel essencial na fabricação de cerveja, influenciando diretamente suas características sensoriais e organolépticas. No Brasil, a produção de cevada está predominantemente concentrada na região Sul, caracterizada por suas altitudes elevadas e inverno frio e úmido. O país não é autossuficiente na produção da cevada para a produção de malte, importando grande parte do volume demandado. Dessa forma, há um grande potencial para o crescimento da cultura no território nacional, sobretudo nas microrregiões de elevadas altitudes do Cerrado brasileiro. Diante disso, objetivou-se com o presente estudo avaliar o desempenho de linhagens de cevada cervejeira na região do Campo das Vertentes, em Minas Gerais, com foco em produtividade e qualidade industrial. O experimento foi conduzido no município de Itutinga, MG, em delineamento em blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições, constituídos de diferentes genótipos (2B08-2665, 2B12-5651, 2B12-5506, 2B08-2884, 2IM15-9386, 2B12-5960 e VOYAGER), com quatro repetições. O cultivo ocorreu na segunda safra de 2022, durante a estação de outono/inverno, de abril a agosto. Durante o cultivo, foram registradas apenas duas precipitações de 11,8 e 1,6 mm, sendo uma condição bastante restritiva. Foram avaliados a produtividade, peso de mil grãos (PMG), altura de plantas, altura de inserção de espigas, teor de amido e teor de proteína nos grãos. A maior produtividade (2578 kg ha^{-1}) foi obtida com a linhagem 2B08-2665, enquanto a menor produtividade (1490 kg ha^{-1}) foi observada com o genótipo 2B08-2884, mas não houve diferenças significativas entre as demais linhagens, que apresentaram média de 1980 kg ha^{-1} . O PMG médio foi de 53,8 g, mas sem diferenças significativas entre as linhagens avaliadas. A altura de plantas e altura de inserção de espigas também não apresentaram diferenças, com médias de 52,3 e 44,2 cm, respectivamente. O teor médio de amido nos grãos foi de 57,8 %, enquanto que o de proteína foi de 14 %, sem diferenças entre os materiais cultivados. Os resultados do trabalho mostram que há materiais geneticamente mais adaptados à região e que podem apresentar boas produtividades em condições favoráveis. No entanto, o teor de médio de proteína está acima do permitido na indústria (12%), requerendo maior aprofundamento sobre manejos que afetam esse parâmetro.

Palavras-chave: *Hordeum vulgares* spp., Cultura de inverno; Produção de cerveja.

ABSTRACT

Cevada plays an essential role in beer manufacturing, directly influencing its sensory and organoleptic characteristics. In Brazil, barley production is predominantly concentrated in the southern region, characterized by its high altitudes and cold, humid winters. The country is not self-sufficient in cevada production for malt production, importing a large part of the volume demanded. In this way, there is great potential for the growth of culture in the national territory, especially in the microregions of high altitudes of the Brazilian Cerrado. Before saying, the objective is as the present study to evaluate the performance of cevada brewing lines in the Campo das Vertentes region, in Minas Gerais, with a focus on industrial productivity and quality. The experiment was conducted in the municipality of Itutinga, MG, in a delineation of casualized blocks, with seven treatments and four repetitions, consisting of different genotypes (2B08-2665, 2B12-5651, 2B12-5506, 2B08-2884, 2IM15-9386, 2B12 -5960 and VOYAGER), with four repetitions. The crop occurs in the second harvest of 2022, during the autumn/winter season, from April to August. During cultivation, only two rainfalls of 11.8 and 1.6 mm were recorded, being a rather restrictive condition. These are evaluated for productivity, thousand-gram weight (PMG), plant height, spike insertion height, food theory and protein theory in our grains. The highest productivity (2578 kg há⁻¹) was obtained with the 2B08-2665 line, while the lowest productivity (1490 kg há⁻¹) was observed as the 2B08-2884 genotype, but there were no significant differences between the other lines, which It presents an average of 1980 kg há⁻¹. The average PMG was 53.8 g, but there were no significant differences between the lines tested. Plant height and spike insertion height also do not present differences, with averages of 52.3 and 44.2 cm, respectively. The average food intake in the grains was 57.8%, while the protein content was 14%, without differences between the cultivated materials. The results of our work show that the materials are genetically more adapted to the region and that we can present good products in favorable conditions. However, the theory of protein media is above what is allowed in the industry (12%), requiring greater depth on management that affects this parameter.

Keywords: *Hordeum vulgares* spp., Winter crops; Beer production.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	A Cultura da Cevada Cervejeira	11
2.2	Qualidade do grão para produção de cevada cervejeira.....	14
2.3	Produção de Cevada no Campo das Vertentes.....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1	Descrição geral da área experimental.....	20
3.2	Delineamento Experimental.....	22
3.3	Condução e avaliação.....	23
3.3.1	Monitoramento e coleta de dados.....	23
3.3.2	Análise estatística.....	24
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1	Altura de plantas e da inserção de espigas, número de espigas e peso de mil grãos.....	25
4.2	Teores de amido e proteínas nos grãos e classificação dos grãos por peneiras.....	26
4.3	Produtividade de grãos de cevada.....	29
5.	CONCLUSÃO.....	31
6.	REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

A cevada, pertencente à família Poaceae e ao gênero *Hordeum*, é uma gramínea que abriga diversas subespécies, incluindo *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* L. e *Hordeum vulgare* ssp. *vulgare* L. No total, o gênero *Hordeum* engloba 32 espécies, com diferentes números de cromossomos (diploides, tetraploides e haploides) e uma base de sete cromossomos básicos (BOTHMER et al., 1995). Essas espécies, distribuídas principalmente em áreas temperadas, também podem ser encontradas em regiões subtropicais, árticas e subárticas (BOTHMER, 1991). A cevada é considerada um dos cereais mais antigos do mundo, desempenhando um papel significativo na evolução da humanidade (BORÉM, 2009).

No contexto global, a cevada é um cereal de inverno que ocupa o quarto lugar em importância econômica, competindo diretamente com o trigo ((FAOSTAT, 2018). No Brasil, o cultivo de cevada, principalmente para produção de malte, atende às necessidades da indústria cervejeira. O cultivo da cevada no país começou na década de 1930 e cresceu consideravelmente, impulsionado pela indústria que incentivou a produção em escala comercial. Além disso, o aumento nos preços da cevada no mercado internacional desde a década de 1970 contribuiu para a expansão do cultivo no Brasil (MORI; MINELLA, 2012).

Embora a área da cevada tenha crescido no País ela ocupou apenas 130.000 ha em 2023, representando menos de 4% da área cultivada com o trigo, que foi de cerca de 3,5 milhões de hectares na safra atual (CONAB, 2023). Além disso, mais de 90% da área se concentra na região Sul do País (MACEDO, 2023).

Devido a necessidade do grão de cevada para indústria cervejeira, pois quase 70% do volume necessário é importado (BRASIL, 2021), e pela semelhança de manejo à cultura do trigo, a cevada cervejeira pode ser uma alternativa econômica para o cultivo de inverno no país e que poderia ser facilmente difundida em terras altas do Brasil Central. Suas principais vantagens incluem o alto potencial de rendimento das variedades disponíveis e a liquidez do mercado, que é garantida por contratos de compra e venda entre produtores e indústrias, permitindo o planejamento mais eficaz para os agricultores (EMBRAPA, 2011).

A qualidade da cevada, especificamente para a produção de malte, é determinada por vários parâmetros que atendem às necessidades das cervejarias. Isso inclui a capacidade do malte de se desagregar (β -glucanos), o rendimento na fabricação de cerveja (extrato), a estabilidade coloidal (proteínas e nitrogênio solúvel), a atividade enzimática (poder diastático), a cor da

cerveja, entre outros. A qualidade do malte depende do equilíbrio desses parâmetros (KUNZE, 2006).

Diversos fatores no campo influenciam a qualidade do malte, como genótipo, manejo e ambiente de cultivo. Elementos como poder germinativo, tamanho do grão, teor de proteínas, atividade enzimática e a sanidade dos grãos são afetados por esses fatores (EMPRAPA, 2011). Para garantir a produção de malte de alta qualidade, é essencial que a cevada tenha um rendimento satisfatório no campo. No entanto, o rendimento é significativamente influenciado pelo clima e pela resposta variável das diferentes variedades em ambientes diversos (interação genótipo x ambiente) (MIRALLES et al, 2011).

O melhoramento genético desempenha um papel importante no aprimoramento da cevada cervejeira, visando aumentar o potencial de produção e a produção de grãos viáveis de alta qualidade para a produção de malte. Além disso, a melhoria dos atributos relacionados ao manejo e à resistência a pragas e doenças também é priorizada nos programas de melhoramento genético (SILVA; MINELLA, 2019).

Através do melhoramento genético, novas variedades de cevada são disponibilizadas e continuam sendo testadas para avaliar seu potencial de cultivo em diferentes regiões e condições climáticas (MINELLA, 2009). Embora grande parte dessas pesquisas tenha se concentrado em áreas de alta altitude na região do Cerrado, especialmente em áreas irrigadas (SANCHES et al., 2015; SOUZA et al., 2019), algumas mesorregiões específicas, como o Campo das Vertentes, em Minas Gerais, se destacam como promissoras. Nessa região, o cultivo de cereais de inverno é viável sob condições de sequeiro, acredita-se que o conhecimento adquirido na cadeia produtiva do trigo pode ser aplicado como base tecnológica para o cultivo de cevada (AMABILE et al., 2014). Além disso, o rendimento da cevada é considerado bastante estável, tornando-se uma cultura atraente para os agricultores durante o outono e o inverno, com menor risco de produção em comparação com o trigo (DAWSON et al., 2015; REZAEI et al., 2022).

Portanto, é fundamental explorar a produção de cevada no Campo das Vertentes, compreendendo seus benefícios para a região e identificando possíveis desafios em seu desenvolvimento. Diante dos fatos apresentados, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de diferentes variedades de cevada cervejeira no Campo das Vertentes, com foco na identificação das mais adaptadas e produtivas para a região. A hipótese do trabalho é que dentre as variedades testadas, existem materiais mais adaptados e que apresentam maior

potencial para cultivo em sequeiro como cereal de inverno na região do Campo das Vertentes, em Minas Gerais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A Cultura da Cevada

A cevada ou cevada comum pertence à família Poaceae, também conhecida como gramínea, do gênero *Hordeum*, que abriga 32 espécies identificadas. A espécie *Hordeum vulgare* L. tem origem no Oriente Médio, especificamente na região conhecida como o "Crescente Fértil," que engloba as atuais nações de Israel, Jordânia e Síria. A cultura da cevada desempenhou um papel pioneiro no progresso da humanidade, evoluindo ao longo do tempo para se tornar um dos principais protagonistas da agricultura, devido à sua enorme relevância econômica (BOTHMER; JACOBSEN, 1998).

Estas variedades abrangem tipos perenes e anuais, assim como formas autógamas e alógamas, predominantemente distribuídas em áreas temperadas, estendendo-se até as regiões árticas e subárticas na Sibéria, Alasca e Patagônia (BOTHMER, 1995, conforme citado por MINELLA, 1999b). Algumas dessas espécies também são encontradas em áreas próximas às zonas subtropicais da América do Sul, no Sudoeste brasileiro e Nordeste argentino. O maior número de espécies está concentrado no sudeste asiático e no sul da América do Sul (MINELLA, 1999b).

Dentro das variedades cultivadas, é possível distinguir dois tipos principais: aquelas que possuem duas fileiras (covariedade *distichum*) e as de seis fileiras (*vulgare*) de grãos. Essas variações surgiram de mutações na fertilidade das espiguetas laterais (BOTHMER & JACOBSEN, 1985; citados por MINELLA, 1999b).

Ressalta-se que a espécie *Hordeum vulgare* inclui as subespécies *H. vulgare ssp. vulgare* L. (hexástica - com seis fileiras de grãos) e *H. vulgare ssp. distichum* (dística - com duas fileiras de grãos). A cevada *H. distichum* é frequentemente cultivada para a produção de cerveja, enquanto a *H. vulgare* é destinada principalmente à alimentação animal, ambas em uma escala comercial (BOTHMER et al., 1991).

A inflorescência da cevada é uma estrutura terminal chamada espiga, composta por uma ráquis, com nós e entre nós, que sustenta os grãos. Na espiga, há três espiguetas por nó,

originando-se de maneira alternada em lados opostos da ráquis. Cada espiguetta contém duas glumas e uma flor. A flor é completa, contendo três estames e um pistilo que fica oculto sob a pálea e o lema, este último podendo terminar em uma estrutura chamada arista. O pistilo é composto pelo ovário e um estigma com diferentes níveis de pilosidade. Na base do ovário, encontram-se duas lodículas, e os estames consistem de antera e filamento, originando-se na base do ovário (REID, 1985). Na tabela 1 são apresentados os principais constituintes dos grãos de cevada.

Tabela 1 - Principais constituintes dos grãos da cevada.

CASCA	CAMADA DE ALEURONA	ENDOSPERMA	EMBRIÃO
Celulose	Lipídeos	Amido	Lipídeos
Pentosanas	Açúcares	Proteínas	Açúcares
Compostos fenólicos	Proteínas	Beta-glucanas	Proteínas
Sílica	Fosfatos (ác. Fítico)	Pentosanas	Ác. Giberélico
	Enzimas		Vitamina B
	Vitamina B		Minerais (K e Mg)
	Minerais		
	Beta-glucanas		
	Pentosanas		

Fonte: Adaptado de European Brewing Convention (2000).

A espiga da cevada dística apresenta uma espiguetta central fértil, enquanto as laterais geralmente são estéreis, com grãos aderidos à pálea e lema. Devido à disposição simétrica dos grãos de cevada dística e à presença de apenas um grão por nó, essas espigas demonstram maior uniformidade de grãos, maior teor de amido, casca fina e menor teor de proteína. Essas características fazem com que a cevada dística seja a preferida para o processo de malte. Por outro lado, nas espigas de cevada hexástica, as três flores de cada nó podem ser férteis, e os grãos podem ou não estar aderidos à pálea e lema. Como resultado dessa maior variedade de fertilidade, os grãos de cevada hexástica tendem a ser menores e apresentam um maior poder enzimático, concentração de proteínas mais elevada e menor teor de amido. Essas características não são desejadas nas maltarias (SMITH, 1995).

Em estudos sobre a evolução das plantas, os cientistas levantaram duas teorias intrigantes para explicar como a cevada que se conhece hoje se desenvolveu. Uma delas sugere que a variedade de cevada de seis fileiras pode ter se originado de uma variedade selvagem de duas fileiras, enquanto a outra teoria afirma que o antecessor da cevada de seis fileiras já existia (DE CANDOLLE, 1959 apud BARBIERI 2008). Na figura 1 pode observar a disposição dos grãos em cevada dística (esquerda) e hexástica (direita).

Figura 1 - Esquema demonstrativo da disposição dos grãos em cevada dística (esquerda) e hexástica (direita).



Fonte: Grover (2014)

A cevada é uma fonte valiosa de alimento para os seres humanos e também para os animais. Além disso, a cevada desempenha um papel importante na produção de malte de alta qualidade, essencial para a fabricação de cerveja, o que a mantém como um dos grãos mais cultivados desde os primórdios da agricultura (POEHLMAN, 1985). Globalmente, a cevada (*Hordeum vulgare L.*) ocupa a quarta posição em termos de área de cultivo. Ela se destaca nos bastidores na produção de bebidas, na alimentação animal e em produtos essenciais como farinhas e medicamentos, bem como em itens dietéticos (YALÇIN et al., 2007).

O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos. Neste ano, o volume de vendas no território nacional deve chegar a 16 bilhões de litros, 4,5% a mais em relação a 2022, de acordo com o Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja.

Apesar de a maioria da produção de cerveja no Brasil estar concentrada no Sudeste e Nordeste, existem apenas três grandes maltarias no país, localizadas no Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo. Portanto, há um interesse econômico e tecnológico em desenvolver a indústria do malte na região Centro-Oeste para aprimorar a logística e reduzir os custos com matérias-primas.

Em todo o mundo, 66% da cevada é usada como alimento para animais, enquanto 19% é destinada ao processamento industrial, principalmente para o mercado de cerveja. No Brasil, onde alternativas mais econômicas para a alimentação humana e animal, como soja e milho, estão disponíveis, mais de 95% da cevada produzida é direcionada à produção de malte para atender à demanda da indústria de cerveja (FERREIRA, 2015).

Estima-se que tenham sido cultivados 130.000 hectares de cevada cervejeira no Brasil em 2023. Em 2022 foram cultivados cerca de 107.000 hectares, com produtividade média de 4.182 kg/ha⁻¹ e uma produção total de 496.800 toneladas (CONAB, 2023). No entanto, a demanda nacional, impulsionada pelo mercado cervejeiro, continua a crescer constantemente, atingindo aproximadamente 1,6 milhão de toneladas. Como resultado, 68% do volume necessário no Brasil para atender à indústria de cerveja é importado (BRASIL, 2021).

A produção comercial de cevada cervejeira no Brasil está principalmente concentrada na região Sul, com o estado do Paraná liderando a produção, seguido pelos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, respectivamente (CONAB, 2023). No entanto, outras regiões do Brasil, especialmente alguns estados do Sudeste que abrangem o bioma Cerrado e possuem altitudes elevadas, apresentam grande potencial para o cultivo comercial de cevada cervejeira. Nessas regiões, é necessário estudar a adaptabilidade e estabilidade das variedades de cevada cervejeira em termos de produtividade, resistência às principais doenças e qualidade da cevada, a fim de expandir a fronteira agrícola e reduzir a dependência do Brasil em relação à importação de malte.

2.2. Qualidade do grão para produção de cevada cervejeira

A cerveja é elaborada a partir de quatro ingredientes essenciais: água, malte, lúpulo e levedura. Na Alemanha, a tradicional Lei de Pureza determina que a cerveja seja produzida somente com esses quatro componentes. No entanto, em outras nações, as regulamentações relacionadas à fabricação de cerveja permitem a incorporação de ingredientes adicionais, como

adjuntos, estabilizantes, frutas e extratos, além dos quatro elementos fundamentais (ROSA; AFONSO, 2015).

Conforme estipulado pela legislação brasileira na Lei N° 8.918, de 14 de julho de 1994, a cerveja é definida como uma bebida fermentada obtida a partir de malte de cevada, com adição de lúpulo e o trabalho da levedura cervejeira. O malte de cevada é um componente fundamental na produção de cerveja, e a lei requer que ele contenha pelo menos 45% (em massa) de extrato primitivo proveniente de malte de cevada. A mesma lei também traz uma definição do que é o malte de cevada, descrevendo-o como o produto resultante da germinação e secagem dos grãos de cevada.

No Brasil, a avaliação da qualidade da cevada usada na produção de cerveja é, em grande parte, centrada na produção correspondente de malte e nas análises subsequentes do mosto. No entanto, em países com uma longa tradição cervejeira, como a Alemanha, Dinamarca, Escócia e também nos Estados Unidos, a seleção da matéria-prima envolve uma abordagem mais abrangente, com análises físico-químicas e microestruturais dos próprios grãos de cevada (PALMER, 1989). Se o Brasil deseja competir nesse mercado e produzir cevada e malte de alta qualidade, é imperativo investir em pesquisa e desenvolvimento nessa área.

O malte é o componente que tem o maior impacto nos custos de produção da cerveja. Embora seja possível utilizar diversos tipos de cereais na produção de malte, como milho, trigo e sorgo, a cevada cervejeira se destaca devido aos seus teores adequados de amido, proteínas, β -glucanas e as enzimas necessárias para o processo de malteação (SCHWARZ; LI, 2011).

No que se refere às características químicas, dois componentes têm um impacto significativo na qualidade da cevada cervejeira: proteínas e as fibras encontradas no endosperma. Ambos podem afetar negativamente a qualidade da cevada, atrasando o processo de malteação. Por exemplo, no caso das fibras alimentares, além de aumentarem o tempo necessário para a malteação, elas podem resultar em problemas tecnológicos, como dificuldades na filtração e turvação do produto final, ou seja, na cerveja (PALMER, 1989). Portanto, para obter uma malteação eficaz, é fundamental que a cevada apresente baixos teores de β -glucanas, um alto teor de amido para otimizar o rendimento, uma elevada atividade enzimática e um poder germinativo substancial para assegurar a degradação do endosperma (BRENNAN et al., 1997).

O amido é um componente crucial, representando cerca de 65% da semente de cevada e se encontra na forma de grânulos no endosperma. O amido fornece os açúcares

fermentescíveis que servem como substrato para o crescimento das leveduras, e, posteriormente, são convertidos em etanol durante a fermentação. As proteínas, por outro lado, são polímeros de aminoácidos presentes em toda a semente, com a maior concentração (10-12%) localizada no endosperma, formando uma matriz proteica (MACGREGOR; FINCHER, 1993).

Em relação à fabricação de cerveja, a quantidade de proteínas é um aspecto crítico, pois elas desempenham um papel na formação da espuma da cerveja, com proteínas de alto peso molecular sendo responsáveis pela turbidez, enquanto as de baixo peso molecular atuam na nutrição da levedura (KUNZE, 2004). No entanto, os teores e a consistência das proteínas nas sementes de cevada são influenciados por vários fatores, como a genética, as condições ambientais e, principalmente, as práticas de adubação nitrogenada. Altas doses de nitrogênio podem elevar os teores de proteína nos grãos acima de 12%, o que não é desejado para a produção de malte, uma vez que resultará em cervejas com baixa estabilidade (EAGLES et al., 1995).

Para evitar perdas econômicas decorrentes das β -glucanas, a seleção criteriosa da matéria-prima é fundamental (AASTRUP; ERDAL, 1980; MUNCK, 1991). Essa seleção envolve a escolha de variedades de cevada e locais de cultivo que produzam cevada com baixo teor de β -glucanas e/ou um alto teor de β -glucanases (AASTRUP, 1983), juntamente com uma microestrutura do endosperma que otimize a atividade das enzimas (PALMER, 1989). Assim como em outros cereais (COSTA BEBER, 1996), existe uma interação significativa entre o ambiente de cultivo e o genótipo, afetando as características morfológicas e composicionais da cevada e, por consequência, influenciando a qualidade do produto final destinado à fabricação de cerveja.

As β -glucanas são polímeros lineares de glicose e são encontradas predominantemente nas paredes celulares da cevada, especialmente na camada de aleurona, onde envolvem os grânulos de amido (FRANCISCO; SÁ, 2001). Essas β -glucanas podem afetar o processo de filtração da cerveja, tornando-a turva e afetando sua viscosidade e aparência, o que pode ter um impacto na qualidade e no estilo da cerveja (CENCI, 2018).

Além do amido, das proteínas e das β -glucanas, as enzimas desempenham um papel importante no processo de malteação e na fabricação de cerveja, podendo até limitar a produção da bebida. Ao longo do desenvolvimento da planta de cevada, diversas enzimas são produzidas e ativadas, sendo as mais importantes para a produção de cerveja as proteases e as α e β

amilases, que visam a quebra de proteínas e amidos, respectivamente. Enquanto as proteínas são quebradas em moléculas de peso molecular médio/baixo, que contribuem para o corpo da cerveja e fornecem nutrição para a levedura, as amilases quebram açúcares que serão utilizados durante a fermentação (PINHEIRO, 2016).

O processo de malteação (figura 2) compreende a germinação das sementes de cevada em condições controladas, envolvendo tempo, umidade e temperatura. Essa etapa ocorre em três fases: limpeza, classificação, maceração, germinação e secagem. A qualidade da matéria-prima, a composição química das sementes, as características do endosperma, a atividade enzimática e a capacidade de modificação do endosperma são fatores determinantes para o sucesso desse processo.

Figura 2 - Esquema do processo de malteação



Fonte: Martins e Rodrigues (2015).

Antes de iniciar a malteação, os grãos de cevada passam por etapas de limpeza e classificação como operações preliminares. Na limpeza, os grãos de cevada são separados de outros grãos e de impurezas como galhos, pedras e palha. Na classificação, os grãos são separados por tamanho, visando formar lotes homogêneos, essenciais para uma malteação uniforme e de qualidade. Grãos com menos de 2,8 mm são desejáveis para garantir um malte de alta qualidade. Para que a cevada seja apta à malteação, é necessário que sua umidade esteja entre 11-12%. Caso a umidade não esteja dentro desse padrão, os grãos podem passar por uma fase de secagem (ELFVERSON et al., 1999; MARTINS; RODRIGUES, 2015).

Após as operações preliminares de limpeza e classificação, os grãos seguem para a etapa de maceração, onde o objetivo é aumentar a umidade dos grãos, que pode atingir valores de 40-60%. Isso induz a germinação e inicia a produção de ácido giberélico, que quebra a dormência na camada de aleurona. Quando a semente atinge a umidade desejada (45%), a etapa de maceração é concluída, e a germinação tem início. Durante esse processo, a cevada é colocada em um tanque de germinação por aproximadamente cinco dias, mantida a uma temperatura

controlada de 17°C. Durante a germinação, ocorrem as modificações no endosperma, e enzimas na camada de aleurona começam a ser produzidas. Essas enzimas são responsáveis por desencadear mudanças físico-químicas e estruturais, como a hidrólise de proteínas e amidos e a degradação das paredes celulares do endosperma. As enzimas produzidas incluem proteases, amilases e β -glucanases (GIBBSON et al., 1988; MARTINS; RODRIGUES, 2015). Essa etapa é fundamental para garantir a qualidade do malte.

2.3. Produção de Cevada no Campo das Vertentes

O Cerrado, o segundo maior bioma do Brasil, atrás apenas da Amazônia e se estende por diversos estados, incluindo Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Rondônia, Tocantins e o Distrito Federal. Também, são identificadas áreas de Cerrado nos estados do Piauí, Roraima, Amapá e São Paulo. Em sua totalidade, abrange aproximadamente 204 milhões de hectares, equivalente a cerca de 24% do território nacional. No entanto, resta apenas 61,2% do território original coberto com Cerrado, principalmente na região Meio-Norte, conforme indicado por Eiten (1993), Ribeiro e Walter (1998) e Embrapa (2007). O Cerrado também se destaca por abrigar cerca de 30% da biodiversidade nacional e 5% da flora e fauna mundiais, o que o caracteriza como a savana mais diversa do mundo, conforme destacado pelo IBAMA em 2000.

Seis décadas atrás, enorme potencial agrícola do Cerrado já era discutido, destacando-se a necessidade de uma agricultura de grandes investimentos tanto na própria terra como em pesquisas (GOEDERT, 1985). A produção agrícola no Cerrado mineiro, especificamente na região do Campo das Vertentes, teve início na década de 1970. Após extensos estudos e pesquisas (LOPES; GUILHERME, 2016), princípios científicos foram aplicados para desenvolver cultivares adaptadas à região e corrigir a acidez do solo. No entanto, é importante salientar que Minas Gerais, embora parte do Cerrado, abrange diversas mesorregiões com diferentes biomas e condições climáticas. A interação entre genótipo e ambiente é fundamental para a escolha de cultivos adequados, influenciando o potencial produtivo e a qualidade dos grãos (BORÉM; MIRANDA, 2009; PELUZIO et al., 2012).

A região do Campo das Vertentes é caracterizada por invernos frios e secos. No entanto, a janela de cultivo do trigo na região enfrenta variações climáticas, com o início (março) sendo quente e úmido, causando desafios no manejo de doenças fúngicas, como a brusone, e o final

da janela (maio) caracterizado por clima ameno/frio e seco, afetando o potencial produtivo devido à falta de chuva. O cultivo de trigo tem sido bem-sucedido na região, permitindo a rotação de culturas e a adoção do plantio direto para melhorar as condições do solo, aumentar a resiliência das culturas e evitar o crescimento de plantas daninhas (CANZIANI; GUIMARÃES, 2009).

A qualidade da cevada está ligada às características genéticas e ambientais. No Cerrado, o clima bimodal, com um período chuvoso de outubro a abril e um período seco de maio a setembro, influencia a formação do teor de proteínas nos grãos, afetando sua viabilidade para a produção de malte (ADÁMOLI et al., 1987). Além disso, a região do Campo das Vertentes apresenta variações climáticas de acordo com a altitude, o que afeta o teor de proteínas nos grãos e sua adequação para a malteação (BRASIL; ALVARENGA, 1989).

A introdução da cevada na região do Cerrado foi inicialmente sob condições de sistema irrigado, exigindo a avaliação e caracterização de genótipos adaptados (AMABILE; MINELLA, 2008). Em 1983, parcerias entre a Embrapa Trigo, Embrapa Cerrados, empresas cervejeiras e instituições de desenvolvimento rural possibilitaram experimentos em áreas de irrigação, fitotecnia, solos e melhoramento genético para viabilizar o cultivo de cevada na região do Campo das Vertentes. Isso resultou na recomendação de genótipos adaptados, incluindo BRS Sampa, BRS Deméter, BRS Savanna, BRS Minduri e BRS195 (AMABILE et al., 2014).

Embora a cevada inicialmente pudesse competir com o trigo, o conhecimento adquirido na cadeia produtiva do trigo pode ser aplicado ao cultivo de cevada. O rendimento da cevada é estável e apresenta menor risco de produção em comparação ao trigo, tornando-a uma opção econômica para os agricultores no outono e inverno (DAWSON et al., 2015; REZAEI et al., 2022).

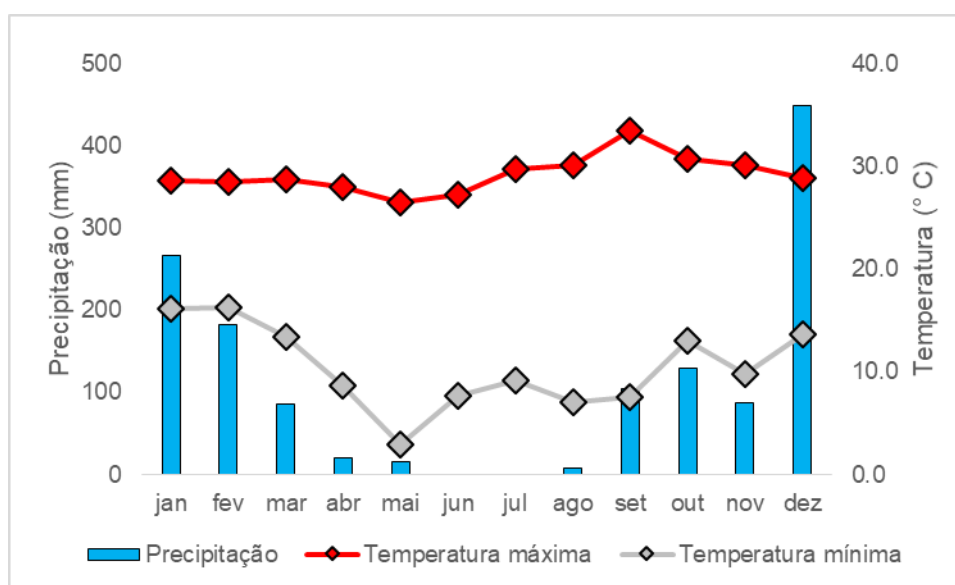
Com o melhoramento genético contínuo, novos genótipos são desenvolvidos e testados em diferentes regiões e condições climáticas, com foco em áreas irrigadas de alta altitude no Cerrado (SANCHES et al., 2015; SOUZA et al., 2019). A introdução da cevada não apenas proporciona benefícios socioeconômicos, mas também melhora o manejo do solo, como mais uma opção para cultivo e produção de palha no inverno (AMABILE et al., 2014). Por outro lado, há necessidade de novos estudos com as atuais cultivares, a fim de avaliar a produtividade, estabilidade de produção e qualidade do grão, visando a produção de cerveja.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição geral da área experimental

O estudo foi conduzido durante a temporada de outono/inverno de 2022 (abril a agosto) em propriedade rural situada nas coordenadas geográficas de 21° 25'7 S e 44°42'04" N, a 1094 m de altitude, no município de Carrancas, MG, região do Campo das Vertentes. A região possui um clima classificado como Cwb, caracterizado por temperaturas baixas e clima seco durante o inverno, de acordo com a classificação de Köppen (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). O experimento foi instalado no dia 18/04/2022 e a colheita realizada no dia 20/08/2022, com ciclo de 124 dias. Nota-se que o acumulado de chuvas durante o período foi muito baixo (Figura 3). No entanto, embora não tenha sido realizada a medição, foi observado que nas primeiras horas do dia formação de orvalho, o que contribui para a manutenção da umidade do solo e a condição de desenvolvimento das plantas. O orvalho pode contribuir na região com até 2 mm de água por dia (SANTOS et al., 2008).

Figura 3 - Precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas em 2022.



Fonte: INMET, elaboração Do Autor (2023)

A propriedade agrícola tem foco dedicado à produção de grãos e investe significativamente em aprimorar o sistema de produção. A área onde o experimento foi conduzido destaca-se por sua fertilidade adequada (Boletim 100, 2022), como pode ser observado na tabela 2. Possui bom histórico de produtividade tanto para os cultivos de verão

quanto de outono/inverno, atribuindo ao bom manejo da fertilidade do solo e adoção do sistema de plantio direto, manejo fitossanitário adequado e pela formação de orvalho observada e não mensurada. O solo do local é um Latossolo vermelho amarelo (SANTOS et al., 2018). Na safra 2021/2022, a gleba foi cultivada com soja no sistema de plantio direto, com a cultura do trigo em segunda safra.

Tabela 2. Atributos químicos do solo até 100 cm de profundidade, antes da instalação do experimento.

PROF	MO	pH	pH	P meh - ⁴	P resina	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
cm	%	H ₂ O	CaCl ₂	mg dm ⁻³		Cmol _c dm ⁻³					%	mg dm ⁻³							
0-10	3,1	6,8	6,2	2,2	22,6	0,27	3,5	1,3	0	1,3	5,08	6,38	79,62	35,1	0,25	1,5	193,6	9	1,9
10-20	3	7,6	7	7,3	36,8	0,39	3,2	1,2	0	1	4,8	5,8	82,76	29,7	0,25	1,3	94,4	9,6	0,9
20-40	3,7	7	6,4	2,6	21,6	0,39	3,9	1,5	0	1,5	5,8	7,3	79,45	3	0,22	0,6	143,4	20	1,1
40-60	4	7,2	6,6	1,8	30,1	0,51	4,8	1,6	0	1,3	6,92	8,22	84,18	16,8	0,28	0,5	141,5	22,2	1,5
60-80	3,8	7,3	6,7	5,3	24,5	0,3	3,5	1,2	0,1	1,3	5,01	6,31	79,4	32,7	0,288	1,3	414,7	17,2	3,3
80-100	3,7	7,4	6,8	17,1	61,2	0,35	4	1,3	0,1	1,3	5,66	6,96	81,32	105,6	0,3	1,3	177,2	16,5	1,8

Fonte: Do Autor (2023)

Todo o manejo da cultura foi definido pelo agrônomo responsável. A adubação foi feita via sulco de plantio com a formulação 04-28-8 kg ha⁻¹ de N, K₂O e P₂O₅, respectivamente, aplicados na linha de semeadura. A adubação de cobertura foi feita no dia do plantio, aplicando 97,4 8 kg ha⁻¹ do formulado 33-00-00 de NH₄NO₃, manejo adotado pela fazenda. O manejo fitossanitário foi realizado conforme a necessidade, sendo apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Manejo fitossanitário da lavoura de cevada na safra 2021/2022.

OPERAÇÃO	INSUMO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	DOSE	DATA
Capina	Adjuvante	Mais Tech®	lt	0,05	
Capina	Herbicida	Topik®	lt	0,3	29/04/2023
Capina	Óleo	Supreme®	lt	0,5	
Capina	Adjuvante	Mais Tech®	lt	0,05	
Capina	Herbicida	DMA®	lt	0,5	06/05/2023
Capina	Inseticida	Ampligo®	lt	0,15	
Capina	Fertilizante	Vorax®	lt	0,03	
1 ^a Pulverização	Adjuvante	Aquamax Flight®	lt	0,05	31/05/2023

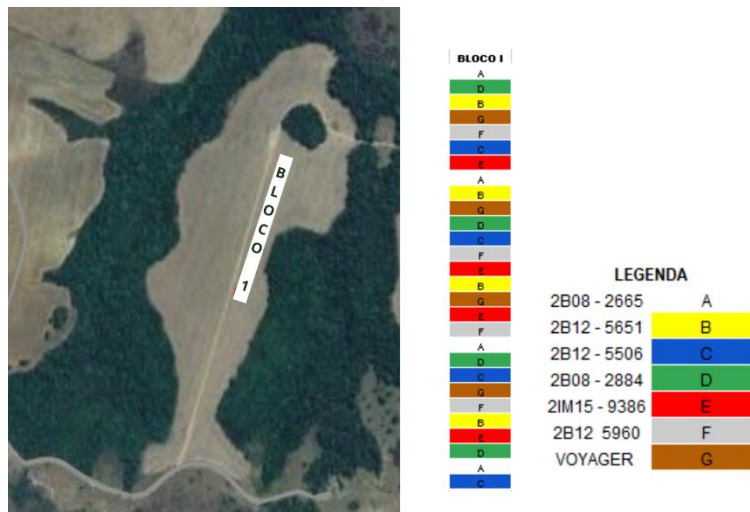
1^a Pulverização	Fungicida	Unizeb Gold®	kg	1,5
1^a Pulverização	Inseticida	Imida Gold®	kg	0,3
1^a Pulverização	Inseticida	Proclaim®	kg	0,25
1^a Pulverização	Desalojante	Up Dry®	kg	0,05
1^a Pulverização	Fungicida	Tilt®	lt	0,5
1^a Pulverização	Fertilizante	Vorax®	lt	0,03

Fonte: Do Autor (2023)

3.2. Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), com sete variedades distribuídas em quatro repetições, resultando em um total de 28 parcelas experimentais. Cada parcela foi composta por cinco fileiras de cinco metros de comprimento, espaçadas em intervalos de 20 cm, totalizando-se uma área de cinco metros quadrados por parcela. A área útil das parcelas foi definida como sendo as três fileiras centrais, com uma exclusão de 50 cm de cada extremidade, designadas como bordaduras. As linhagens testadas incluíram: 2B08-2665, 2B12-5651, 2B12-5506, 2B08-2884, 2IM15-9386, 2B12-5960 e VOYAGER. A figura 4 ilustra a área experimental e a disposição dos tratamentos.

Figura 4. Visão aérea do local de implantação do experimento na Fazenda 3W Agronegócio e o croqui com a disposição das parcelas na área.



Fonte: Do Autor (2023)

3.3. Condução e avaliação

3.3.1. Monitoramento e coleta de dados

Foi feita avaliação periódica da lavoura para o acompanhamento da cultura e monitoramento de pragas e doenças. As figuras 5, 6 e 7 mostram a cultura em diferentes fases ao longo do ciclo.

Figuras 5 e 6. Ilustração da implementação do experimento.



Fonte: Do Autor (2023)

Figura 7. Diferentes fases ao longo do ciclo, dias após o plantio.



Fonte: Do Autor (2023)

Ao final do ciclo, foram colhidas as três linhas centrais de cada parcela, desprezando-se 50 cm de cada extremidade. As espigas foram colhidas manualmente, identificadas e colocadas separadamente. Na Universidade Federal de Lavras, procedeu-se a trilha e limpeza manual das parcelas, para eliminar aristas e demais impurezas indesejadas nessa fase.

Após a limpeza, foi feita a pesagem dos grãos e a determinação de umidade das amostras. O peso foi corrigido para umidade de 12%, sugerida para armazenagem de grãos de cevada. Os dados foram extrapolados, obtendo-se a produtividade final em kg por hectare.

Das repetições de cada genótipo, foram obtidas amostras homogêneas dos grãos, os quais foram devidamente identificados e acondicionados, sendo posteriormente enviados à AMBEV em Passo Fundo - RS, para avaliações pós-colheita e determinação de parâmetros associados à qualidade cervejeira dos grãos.

3.3.2. Análise estatística

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância (teste F, p-valor < 0,05) e, quando significativos, submetidos ao teste comparativo de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, através do software de análises estatísticas R (versão 4.3.0).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Altura de plantas e da inserção de espigas, número de espigas e peso de mil grãos

A altura de plantas e a altura de inserção de espigas não variaram significativamente entre as linhagens cultivadas, com médias respectivamente de 52 cm e 44 cm, como pode ser observado na Tabela 4. Recomenda-se, de acordo com Amabile et al. (2015), que no cultivo no Cerrado, as plantas ideais tenham uma altura entre 70 e 80 cm. A mensuração da estatura das plantas de cevada é crucial para avaliar sua produtividade e identificar possíveis problemas no desenvolvimento da cultura. A altura da planta pode servir como indicador da absorção de nutrientes e eficiência fotossintética (LI et al., 2009), influenciando o tamanho dos grãos e o rendimento da colheita (KORD-MOJENI et al., 2012).

Tabela 4 - Altura de plantas e da inserção de espigas, número de espigas e peso de mil grãos, em função das cultivares.

LINHAGEM	ALTURA DE PLANTAS (cm)	ALTURA DE INSERÇÃO DE ESPIGAS (cm)	NÚMERO DE ESPIGAS (m ²)	PESO DE MIL GRÃOS (g)
2B08-2665	54 a	46 a	134 a	55,6 a
2B12-5651	53 a	45 a	132 a	52,5 a
2B12-5506	49 a	41 a	143 a	53,6 a
2B08-2884	49 a	41 a	135 a	53,7 a
2IM15-9386	53 a	46 a	146 a	54,5 a
2B12-5960	54 a	46 a	165 a	52,5 a
VOYAGER	54 a	46 a	128 a	54,1 a
CV %	9,1	10,1	18,9	5,1

Medias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do Autor (2023)

Resultados referentes aos componentes de produção, número de espigas por metro quadrado ($\bar{x} = 140$) e peso de mil grãos ($\bar{x} = 54$ g) foram semelhantes entre os genótipos. Em estudo realizado por Borowski (2012), ao analisar diversas cultivares de cevada demonstrou o peso médio de mil grãos foi de 44,3 gramas. Na avaliação de peso de mil sementes (PMS) todos os genótipos ficaram acima da média, superando também a média de (38,7g) apresentada por Monteiro (2012) em mais de 500 acessos avaliados do Banco de Germoplasma da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Estudos realizados por Haghparast et al. (2015) indicam

que o valor médio adequado para uma boa produção de cevada varia entre 30 e 50 gramas. Os autores alertam que um PMS inferior a 30 gramas pode ter efeitos negativos na produtividade e na qualidade dos grãos de cevada. Por outro lado, um PMS superior a 50 gramas pode não resultar em um aumento significativo na produtividade de grãos, mas pode aumentar o risco de doenças e afetar a qualidade dos grãos. Liu et al. (2019) destacam que um PMS acima de 50 gramas pode aumentar o risco de acamamento, doenças e ter impactos adversos na qualidade dos grãos de cevada.

O Peso de Mil Sementes (PMS) representa a média de massa de mil sementes de cevada, sendo suscetível a influências de diversos fatores, incluindo a variedade da cevada, as condições climáticas, o manejo do solo e as práticas de cultivo. Ao longo de quase todo o ciclo, as plantas enfrentaram restrições no fornecimento de água, impactando fases críticas como o florescimento e o desenvolvimento/enchimento dos grãos. Nessas condições, ocorreu uma redução na formação de flores, resultando em um menor número de espiguetas viáveis na espiga. Conseqüentemente, a translocação dos fotoassimilados foi direcionada para um número menor de grãos por planta, resultando em uma concentração maior por unidade de grão produzida, o que contribui para um aumento no peso médio de mil grãos (PMS). Kramer (1969) afirma que o déficit hídrico afeta praticamente todos os aspectos do crescimento das plantas, alterando sua anatomia, morfologia e bioquímica. Após analisarem diversos estudos na literatura, Salter & Goode (1967) concluíram que o período de maior sensibilidade ao déficit hídrico para a cevada ocorre desde o final do desenvolvimento vegetativo até o estágio de espigamento. Durante todo o ciclo, as plantas receberam apenas 13,4 mm de chuva, enfrentando constantes períodos de deficiência hídrica. Conforme Aspinall et al. (1964), que estudaram os efeitos de déficits de água na cultura da cevada, o número de grãos por espiga foi seriamente afetado quando o déficit hídrico ocorreu imediatamente antes da antese, um efeito provavelmente associado aos processos de formação dos gametas e iniciação das espigas. Desta forma, mesmo as cultivares com maior potencial de produção tiveram comportamento semelhante.

4.2 Teores de amido e proteínas nos grãos e classificação dos grãos por peneiras

Os teores de amido nos grãos de cevada não variaram entre os genótipos avaliados, sendo que o teor médio de amido foi de 57,5 %. O amido é o principal componente de grãos

de cevada, variando suas propriedades e estrutura molecular entre as cultivares (HOLTEKJOLEN et al., 2006), tendo como valores médios, com base em Pesquisas realizadas por Holtekjolen et al. (2007) com grãos de cevada sem casca, mostrando valores de 51 a 64% de amido em sua constituição. Na presente pesquisa, foi observada uma relação inversamente proporcional entre os teores de amido e proteínas nos grãos, corroborando a ideia de que quanto maior o teor de proteínas, menor é o teor de amido do grão (FOX, 2008). O amido atua não apenas no fornecimento de açúcares necessários para a fermentação, mas também contribui para características sensoriais e estruturais da cerveja, desempenhando um papel vital na produção de uma cerveja de alta qualidade. No processo de maltagem, a menor quantidade de carboidratos aumenta o tempo para que ocorram as modificações necessárias, e como ocorre a relação inversamente proporcional entre os teores, o excesso de proteínas no grão aumenta as quantidades de proteínas solúveis no malte e no mosto, resultando em cerveja de baixa estabilidade.

Tabela 5. Percentagem de amido, proteína, classificação dos grãos por peneiras, em função da linhagem cultivada.

LINHAGEM	AMIDO (%)	PROTEÍNA (%)	2,8 mm (%)	2,5 mm (%)	2,2 mm (%)
2B08-2665	58.4 a	13.2 b	83.5 a	11.8 b	3.5 ab
2B12-5651	57.6 a	13.4 b	69.5 a	21.0 ab	5.3 ab
2B12-5506	57.6 a	14.1 ab	76.5 a	17.5 ab	3.3 ab
2B08-2884	57.2 a	14.4 a	66.0 a	25.3 a	6.7 a
2IM15-9386	57.0 a	14.4 a	75.7 a	19.7 ab	4.0 ab
2B12-5960	56.9 a	14.0 ab	77.3 a	16.0 ab	2.8 b
VOYAGER	57.7 a	13.9 ab	70.0 a	17.5 ab	3.5 ab
CV%	1,5	3,1	10,2	26,8	37,6

Medias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Fonte: Do Autor (2023)

A classificação dos grãos por peneiras de 2,8 mm não revelou diferenças percentuais entre os lotes avaliados, no entanto, na peneira de 2,5 mm foram observadas diferenças entre a distribuição dos genótipos (Tabela 5). A combinação das peneiras de 2,8 mm e 2,5 mm selecionam os grãos padrão Classe 1, com maior conteúdo de amido. Este é um parâmetro importante quando visamos atender às especificações da indústria de malte, sendo que de acordo com o European Brewing Convention (EBC), a porcentagem de cevada retida nas peneiras de 2,8 mm e 2,5 mm, ou seja, de primeiro sortimento, deve estar entre 75 a 97% (EBC,

2002; KUNZE, 2004). Toda a cevada que ficar retida nas duas primeiras peneiras denomina-se cevada de primeira qualidade (ZSCHOERPER, 2009). A cevada que passar pela primeira e segunda peneira, porém ficar retida na terceira é denominada cevada de segunda qualidade (KUNZE, 1999). Já a matéria que passar por todas as peneiras é chamada de refugo (ZSCHOERPER, 2009). Na peneira de 2,5 mm houve maior ocorrência de grãos do material 2B08-2884, com 25,3% dos grãos retidos. O menor valor foi observado no material 2B08-2665, com 11,8% dos grãos. Na peneira de 2,2 mm, correspondente aos grãos de Classe 2, também foram observadas diferenças entre os materiais, com maior retenção na linhagem 2B08-2884. É importante destacar que, nessa avaliação, não foram determinadas as quantidades de grãos passantes na peneira de 2,2 mm, ou seja, retidos no fundo, e que correspondem a classe 3. Isso ocorreu devido à seleção prévia dos grãos a serem avaliados em laboratório.

Os teores de proteína nos grãos variaram entre as linhagens avaliadas, sendo que o teor médio proteína foi de 14%, acima do desejado ($\geq 12\%$) para produção de cerveja em todos os materiais, tornando-as inadequadas para a produção de cevada para produção de malte (BRASIL, 1996; CENCI et al., 2021). Os maiores valores foram encontrados nos materiais 2B08-2884 e 2IM1-9386, com médias de 14,4%. Os menores valores foram encontrados nas linhagens 2B08-2665 e 2B12-5651, com 13,2% e 13,4%, respectivamente. Esses valores classificariam esses lotes padrão cervejeiro com proteína média (12,5% a 13,4%) e proteína alta (acima de 13,4%), ambos passíveis de deságios durante a comercialização (CAPAL, 2023). A qualidade dos grãos de cevada destinados à produção de malte sofre prejuízo quando o teor de proteínas nos grãos excede 12%. Valores superiores a esse limiar tendem a reduzir tanto o rendimento (PERUZZO et al., 1996) quanto a qualidade do malte utilizado na produção de cerveja (QI et al., 2005). O excesso de proteínas nos grãos resulta em níveis reduzidos de amido e, conseqüentemente, de carboidratos fermentescíveis (FLORIANI, 2002). A diminuição na quantidade de carboidratos prolonga o tempo necessário para a maltagem e as modificações essenciais nesse processo. Adicionalmente, o excesso de proteínas nos grãos aumenta as concentrações de proteínas solúveis tanto no malte quanto no mosto, o que resulta em cervejas com baixa estabilidade (FLORIANI, 2002).

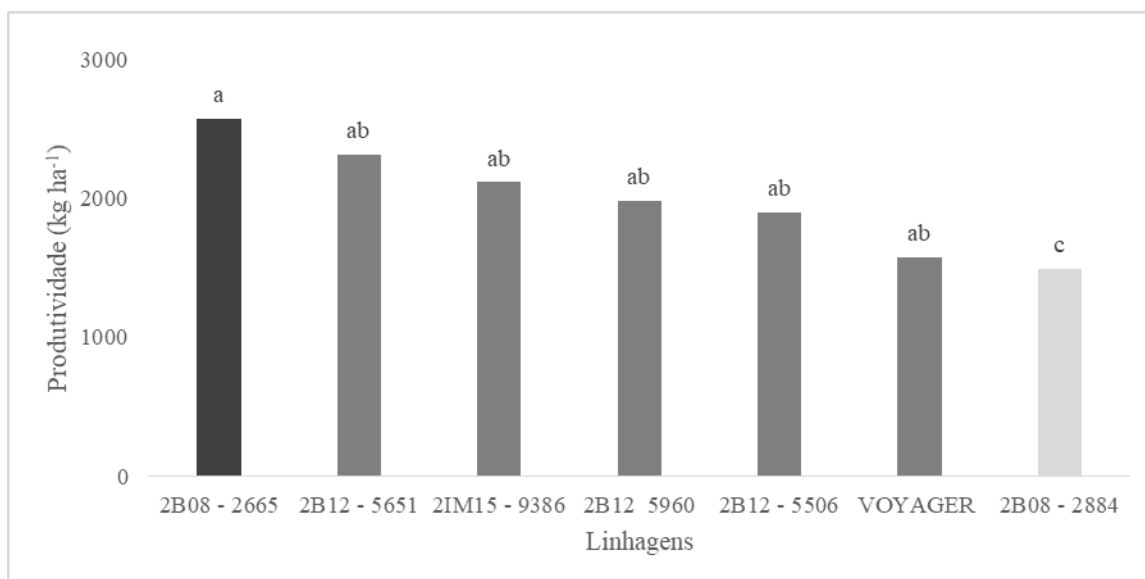
Diversos fatores podem impactar a teor de proteína nos grãos de cevada, sendo o manejo na cultura um dos mais relevantes, especialmente no que se refere à quantidade de nitrogênio aplicada na semente e em cobertura, momento de sua aplicação em cobertura, bem como à época de semente, entre outros (O'DONOVAN et al., 2012). Durante o cultivo da cevada foram aplicados 40 kg/ha de N, sendo 7,84 kg ha⁻¹ no sulco e 32,15 kg ha⁻¹ de N na adubação

de cobertura. Possivelmente os altos valores de proteína encontrados nos grãos foram devido ao fato de cevada ter sido cultivada na área com teor de matéria orgânica acima de 3%, após o cultivo da soja, a qual já deixa residual de N no solo estimado em 30-40 kg/ha⁻¹, além do N utilizado na cultura. Contudo, é importante destacar que a quantidade de nitrogênio aplicada nessa pesquisa (40 kg ha⁻¹) excedeu a recomendação técnica de 30 kg ha⁻¹, especialmente considerando a soja como cultura antecessora (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004), influenciando no aumento do teor de proteínas nos grãos, ultrapassando os níveis considerados aceitáveis. As linhagens de cevada que apresentaram menor rendimento foram aquelas com maiores teores de proteínas, devido ao efeito de concentração, uma vez que o acúmulo de N-aminoácido nas plantas não resultou em incremento de produtividade.

4.3 Produtividade de grãos de cevada

A produtividade da cultura foi afetada pelas condições climáticas durante o período de condução. A precipitação esteve abaixo da média da região, o que, combinado com o cultivo na segunda quinzena de abril, acabou comprometendo o estabelecimento e a produção da lavoura. Nessas condições, alguns materiais se mostraram mais adaptados (Figura 8).

Figura 8 - Produtividade dos diferentes genótipos



Fonte: Do Autor (2023)

O genótipo 2B08-2665 apresentou a produtividade, com média de 2578 kg ha⁻¹. As linhagens 2B12-5651, 21M15-9386, 2B12-5960, 2B12-5506 e VOYAGER não apresentaram diferenças significativas pelo Teste de Tukey, com produtividade média de 1980 kg ha⁻¹. A menor produtividade foi observada no material 2B08-2884, que teve rendimento médio de 1490 kg ha⁻¹. A produtividade média geral dos experimentos foi de 1995 kg ha⁻¹, abaixo da média nacional de 4182 kg ha⁻¹ em 2022 (CONAB, 2022). Um dos fatores responsáveis pela baixa produtividade, foram as baixas precipitações, após a instalação do experimento. Como houve um acumulado de apenas 11,8 e 1,6 mm de chuvas entre a semeadura e a colheita da cevada. O orvalho formado pode ter influenciado no crescimento e desenvolvimento das plantas, além da qualidade manejo adotado na fazenda, pois trata-se de uma fazenda manejada sob sistema de plantio direto há mais de 10 anos e com adequada fertilidade do solo (Tabela 2).

5. CONCLUSÃO

A cevada apresenta potencial como uma opção de cultivo de inverno para a região, mesmo sob limitação hídrica.

O material 2B08-2665 mostrou-se mais adaptado às condições da região, enquanto que o 2B08-2884 apresentou o menor rendimento de grãos.

Os teores de proteínas foram variáveis entre os materiais. No entanto, se mantiveram acima dos níveis desejados pela indústria.

6. REFERÊNCIAS

AASTRUP, S.; ERDAL, K. **Quantitative determination of endosperm modification and its relationship to the content of 1, 3: 1, 4- β -glucans during malting of barley.** Carlsberg Research Communications, Copenhagen, v. 45, p. 369-379, 1980.

ADÁMOLI, J. et al. **Caracterização da região dos Cerrados.** In: GEODERT, W. J. (ed.). Solos do Cerrado: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nodel, 1987. p. 33-98.

AGU, R. C.; PALMER, G. H. **Efeito da temperatura na modificação do sorgo e da cevada durante a maltagem.** Process Biochemistry, London, v. 32, n. 6, p. 501-507, 1997.

AMABILE, R. F. **Cevada: um exemplo de cultura alternativa para o sistema irrigado do Cerrado.** In: FALEIRO, G. F.; SOUSA, E. dos S. de (ed.). Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o Cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p. 69-72.

AMABILE, R. F. et al. **Cevada (*Hordeum vulgare* L.).** In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (ed.). 101 culturas: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: Epamig, 2007. p. 263-268.

AMABILE, R. F. et al. **Characterization and genetic variability of barley accessions (*Hordeum vulgare* L.) irrigated in the savannas based on malting quality traits.** Journal of the Institute of Brewing, Oxford, v. 120, n. 4, p. 404-414, July 2014.

AMABILE, R. F. et al. **Graus dias para cultivares de cevada (*Hordeum vulgare* L.) irrigada no Distrito Federal.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009.

AMABILE, R. F.; FALEIRO, F. G.; CAPETTINI, F.; PEIXOTO, J. R.; SAYD, R. M.; **Estimation of genetic parameters, phenotypic, genotypic and environmental correlations on barley (*Hordeum vulgare* L.) grown under irrigation conditions in the Brazilian savanna.** Interciencia, v. 40, p. 255-262, 2015.

ASPINAL, D.; NICHOLS, P.B.; MAY, L.H. **The effects of moisture stress on the growth of barley.** Australian Journal Agriculture Reserch, Melbourne, v.15, p.729-745, 1964.

BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas.** Viçosa, MG: Editora UFV, 2009

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

BOROWSKI, D. Z. **Efeito do genótipo, ambiente e suas interações em características agronômicas e de qualidade em cevada cervejeira no sul do Brasil**. 2012. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, Passo Fundo, 2012.

BOTHMER, R. von et al. **An ecogeographical study of the genus *Hordeum***. 2 nd ed. Rome: IBPGR, 1995.

BOTHMER, R. von; JACOBSEN, N. **Melhoramento de cevada**. In: BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 1998. p. 253-270.

BRASIL, A. E.; ALVARENGA, S. M. **Relevo**. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro, 1989. v. 1, p. 53-72.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Mercado cervejeiro cresce no Brasil e aumenta interesse pela produção nacional de lúpulo e cevada**. Brasília, DF: MAPA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/08/mercadocervejeiro-cresce-no-brasil-e-aumenta-interesse-pela-producao-nacional-de-lupulo-e-cevada>. Acesso em: 10 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. IN n° 11, de 13 de março de 2013. **Regulamento Técnico do malte de cevada, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade**. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1050721743>. Acesso em 10 fev. 2023.

CENCI, I. de O. **Caracterização, qualificação e comparação de cevadas irrigadas cultivadas no Cerrado para a produção de malte cervejeiro**. 2019. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019.

COMBINACIÓN Exitosa. **Brewing and Beverage Industry Español**, Mindelhein, n. 3, p. 40-47, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 20 jul. 2023.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. D.; FERREIRA, E. **Climatic classification and tendencies in Lavras region, MG**. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, p. 1862-1866, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000600039>.

DAWSON, I. K. et al. **Barley: a translational model for adaptation to climate chance**. *New Phytologist*, Cambridge, v. 206, p. 913-931, 2015.

EAGLES, H. A. et al. **Cultivar, and environmental effects on malting quality in barley**. *Australian Journal of Agricultural Research*, Collingwood, n. 46, p. 831-844, 1995.

EBC. Sieving Test for Barley. p. 11–12, 2002.

ELFVERSON, C. et al. **Chemical composition of barley cultivars fractionated by weighing pneumatic classification, sieving, and sorting on a specific gravity table**. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v. 76, n. 3, p. 434-438, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Agência de informação. **Bioma Cerrado**. Planaltina: Embrapa, 2011.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. FAOSTAT. 2018. Disponível em: Acesso em 30 de jul de 2023.

FERREIRA, C. **Cultivares de cevada semeadas em espaçamentos simples e pareado combinados com doses de adubo e densidades de semeadura**. 2015. 73 f. Tese (Doutorado em Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015.

FLORIANI, A.P. **Cevada cervejeira: características bioquímicas**. UFRGS, Porto Alegre, maio 2002. Capturado em 09 mar. 2023. Online. Disponível na Internet <http://www.ufrgs.br/Alimentus/feira/mpcerea/cevada%20cervejeira/t%20bioqui.htm>

FOX, G. P. **Biochemical and molecular evaluation of quality for malt and feed barley**. Tese (Doutor em Fisiologia) – Southern Cross University, Lismore, 2008.

FRANCISCO, A. C. de; SÁ, R. M. **Beta glucanas: localização, propriedades e utilização**. In: LAJOLO, F. M. et al. *Fibra dietética en iberoamérica: tecnología y salud*. São Paulo: Varela, 2001. p. 91-101.

GIBBONS, G. C. et al. **Practical application of fluorescent seed-analysis systems in a commercial malthouse.** American Society of Brewing Chemists Journal, Saint Paul, v. 41, n. 4, p. 117-120, 1988.

HAGHPARAST, S., MOHAMMADI, R., ARMION, M., & KAHRIZI, D. **Evaluation of barley genotypes under different agro-climatic conditions of Iran.** Australian Journal of Crop Science, 9(2), 171-177, 2015.

KORD-MOJENI, M., A. EMAM, and R.Y. MAHDAVIAN. **Effects of plant height and heading date on grain yield and yield components of wheat.** African Journal of Agricultural Research, 7(20): 2916-2922, 2012.

KRAMER, P.J. **Plant and soil water relationships: a modern synthesis.** New York: McGraw-Hill, 1969, 538 p.

KUNZE, W. **Technology brewing and malting.** [S.l: s.n.], 2004.

KUNZE, W. **Technology brewing and malting.** 2. Ed. Berlin: Vlb Berlin, 1999. 726 p.
KUNZE, W. **Tecnología para Cerveceros y Malteros.** 1 ed. Berlin: Versuchs-und Lehranstalt für Brauerei Berlin, 2006, 1075 p.

LI, X., S. ZHANG, X. LIU, and X. FAN. **Plant height, tillering and grain yield of winter wheat as affected by nitrogen and water supply.** Field Crops Research, 112(2- 3): 216-223, 2009.

LIU, Q., ZHANG, H., WANG, Q., FENG, Y., LIU, X., & AN, D. **Effect of 1000-grain weight on yield and quality of spring barley in China.** Journal of Integrative Agriculture, 18(1), 29-37, 2019.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **A career perspective on soil management in the Cerrado Region of Brazil.** Advances in Agronomy, San Diego, v. 137, p. 1-72, 2016.

MACGREGOR, A. W.; FINCHER, G. B. **Carbohydrates of the barley grain.** In: MACGREGOR, A. W.; BHATTY, R. S. Barley: chemistry and technology. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1993. p. 73-130.

MARTINS, V. M. R.; RODRIGUES, M. Â. **Produção e tecnologia de cereais: processo de maltagem da cevada.** In: RODRIGUES, M. A.; MORAES, J. S.; CASTRO, J. P. M. Livro de atas das jornadas de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio em Bragança. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança; CIMO, 2015. p. 13-14.

MINELLA, E. **Melhoramento da cevada**. In: BORÉM, A. (ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. p. 253-272.

MONTEIRO, V. A. **Diversidade genética de acessos de cevada sob sistema de produção irrigado no Cerrado do planalto central brasileiro**. 2012. 136 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília. 2012.

MORI, C. de; MINELLA, E. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada. Passo Fundo: Embrapa Trigo**. 2012. (Embrapa Trigo. Documentos online, 139).

O'Donovan, J. T., Turkington, T. K., Edney, M. J., Clayton G. W., McKenzie, R. H., Juskiw, P. E., Lafond, G. P., Grant, C. A., Brandt, S., Harker, K. N., Johnson, E. N. and May W. E. 2011. **Seeding rate, nitrogen rate and cultivar effects on malting barley production**. Agron. J. 103: 709716.

PALMER, G. H. O. **Achieving homogeneity in malting**. In: EUROPEAN BREWING CONGRESS, 27., 1999, Cannes. Proceedings [...]. Cannes: EBC, 1999.

PERUZZO, G. et al. **Efeito do nitrogênio na cultura da cevada, 1993**. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 14., 1994, Passo Fundo. Resultados de pesquisa de cevada. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1996. p.65-68.

PINHEIRO, L. D. I. G. S. **Caracterização e processamento de cevada cultivada no cerrado brasileiro**. 2016. 78 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química e Biológica) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016.

POEHLMAN, J. M. **Adaptation and distribution**. In: RASMUSSEN, D. C. (ed.). Barley. Madison: American Society of Agronomy, 1985. p. 1-17.

QI, J. et al. **Protein and hordein fraction content in barley seeds as affected by sowing date and their relations to malting quality**. Journal of Zhejiang University Science B, Hangzhou, v.6, n.11, p.1069-1075, 2005.

REID, D. A. **Morphology and anatomy of the Barley plant**. In: RASMUSSEN, D. C. (ed.). Barley. Madison: American Society of Agronomy, 1985. chap. 4.

REZAEI, E. E. et al. **The potential of crop models in simulation of barley quality traits under changing climates: a review**. Field Crops Research, Amsterdam, v. 286, p. 286, Oct. 2022.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. **A química da cerveja**. Química Nova Escola, São Paulo, v. 37, p. 98-105, 2015.

SALTER, P. J., GOODE, J. E. **Crop responses to water at different stages of growth**. England: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1967. 246 p.

SANCHES, F. M. et al. **Desempenho agrônômico de cultivares de cevada cervejeira sob diferentes lâminas de irrigação**. Semina: ciências agrárias, Londrina, v. 36, n. 1, p. 89-102, 2015.

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/solos/sibcs>. Acesso em: 10 mar. 2023.

SANTOS, J. C. F.; MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S. **Cobertura do solo no controle de plantas daninhas do café**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. (Documentos, 226).

SCHWARZ, P.; LI, Y. **Malting and brewing uses of barley**. In: ULLRICH, S. E. (ed.). Barley: production, improvement, and uses. Oxford: Blackwell, 2011. p. 478-521.

SILVA, H. T.; MINELLA, E. **Melhoramento genético de cevada da Embrapa: metodologias, resultados e impactos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2019.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CERVEJA - SINDICERV. **Mercado**. Disponível em: . Acesso em: 30 ago. 2023.

SMITH, C. W. (ed.). **Crop production: evolution, history, and technology**. College Station: Wiley, 1995.

SOUZA, J. L. de et al. **Desempenho agrônômico e qualitativo de cultivares de cevada cervejeira no estado do Espírito Santo**. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, Viçosa, MG, v. 9, n. 2, p. 44-51, jun. 2019

ZSCHOERPER, O. P. **Apostila curso cervejeiro e malteador – ambev**. Porto Alegre – RS, 2009.